МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

MACHINE BUILDING AND MACHINE SCIENCE



УДК 621.791.052 DOI 10.12737/18270

Человеческий фактор в проблеме безопасности сварных объектов ответственного назначения*

А. С. Коробцов[1], В. Ф. Лукьянов[2]**

[1, 2]Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Human factor in a safety problem of high-duty welded objects***

A. S. Korobtsov[1], V. F. Lukyanov[2]**

[1, 2]Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Цель данной работы — изучение роли человеческого фактора в проблеме надежности ультразвукового контроля сварных объектов ответственного назначения. Проанализированы основные объективные и субъективные факторы, определяющие надежность работы оператора человеко-машинных систем. Показано, что субъективные факторы подразделяются на три основные подгруппы: уровень подготовленности, индивидуальные особенности и функциональное состояние человека-оператора. На основе профессиографического подхода выявлены наиболее важные навыки операторов ультразвукового контроля (УЗК) и разработаны оригинальные тренажерные средства для их целенаправленного формирования. Для обучения и комплексной оценки квалификации операторов УЗК сварных соединений разработано несколько модификаций компьютеризированного тренажера-экзаменатора. На основе проведенного анализа индивидуальных особенностей личности установлено, что в профессии оператора УЗК медико-биологическая структура человека играет важнейшую роль и обусловливает сразу несколько основных профессионально важных качеств. Экспериментально исследовано влияние функционального состояния операторов ультразвукового контроля на результаты профессиональной деятельности.

Ключевые слова: сварные объекты, ультразвуковой контроль, человеческий фактор, индивидуальные особенности, тренажеры, функциональное состояние.

The work goal is to study the human factor role in a safety problem of the ultrasonic testing of high-duty welded objects. The key objective and subjective factors determining the human reliability of the man-machine systems are analyzed. It is shown that subjective factors are divided into three main subgroups: the level of training, individual characteristics and functional state of the human-operator. On the basis of the job specification approach, the most important skills of the ultrasonic testing (UST) operators are determined, and the original training facilities for their purposeful development are worked out. Some modifications of the computerized simulator-examiner for training and the integrated proficiency assessment of the UST operators of the joint welds are developed. Based on the conducted analysis of the individual peculiarities of the personality, it is found that the medicobiologic structure of a person plays a crucial role and determines some basic professionally important qualities for the UST operator occupation. The influence of the functional state of the ultrasonic testing operators on the results of the professional activities is investigated by experiment.

Keywords: welded objects, ultrasonic testing, human factor, individual characteristics, simulators, functional state.

Введение. В настоящее время техногенная безопасность является проблемой мирового масштаба. На территории России насчитывается около 100 тыс. опасных производств и объектов. Из них около 1,5 тыс. — ядерные, 3 тыс. — химические и биологические объекты особо высокой опасности. Следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев речь идет о сварных конструкциях. Так, в стране насчитывается более 40 тыс. резервуаров, 22 тыс. городских мостов и путепроводов. В нефтяной и газовой промышленности эксплуатируются более 170 тыс. км магистральных газопроводов и более 50 тыс. км магистральных нефтепроводов [1].

Выполненные в разных организациях исследования реальной дефектности сварных конструкций ответственного назначения показали, что технологические дефекты отмечаются даже при высоком техническом уровне процесса

* Работа выполнена в рамках базового финансирования фундаментальных НИР.

** E-mail: dstu.koras@yandex.ru, vfl1@bk.ru

*** The research is done within the frame of the base financing of the fundamental R&D.

сварки. Так, при автоматической сварке сосудов давления на каждые 10 м шва в среднем приходится 3–4 дефекта, при ручной дуговой сварке их количество возрастает до 35. Согласно заключению Международного института сварки, этой причиной обусловлено около 40 % разрушений сосудов давления и трубопроводов. Проблема техногенной безопасности осложняется тем, что большая часть объектов ответственного назначения в нашей стране выработали плановый ресурс на 50–70 %. 25 % общей протяженности нефтепроводов эксплуатируются свыше 30 лет, 33 % — от 20 до 30 лет. Каждый год происходит 75–80 прорывов на магистральных нефтепроводах, что наносит огромный экологический ущерб. Около 60 % котельного оборудования ТЭС отработало нормативные сроки. Порядка 40 % российских атомных подводных лодок находятся на вооружении более 30 лет [2].

Один из главных путей решения проблемы безопасности данных объектов — их техническая диагностика на основе методов неразрушающего контроля (НК). При этом в 70–80 % случаев при неразрушающем контроле используется УЗК. Однако выявляемость дефектов в ответственных объектах штатным УЗК находится в пределах 45–70 %. Об этом свидетельствуют результаты реализации международной программы PISC (Program of Inspection of Steel Components) [3] и данные российских исследований [4]. С 1997 года регулярно проводится Американо-Европейский семинар по надежности НК, на котором, в частности, была особо отмечена следующая проблема. Человеческий фактор существенно снижает потенциальную надежность и эффективность системы контроля. Таким образом, очевидна необходимость соответствующих научных исследований и разработка мер, позволяющих снизить негативное влияние указанного фактора [5].

Основные составляющие человеческого фактора. На кафедре сварки Донского государственного технического университета (ДГТУ) данный сложный и неоднозначно проявляемый фактор рассматривался с позиций различных научных дисциплин: управление качеством, общая и инженерная психология, эргономика, физиология, научная организация труда.

Анализ состояния вопроса показал, что наибольший опыт в проблеме надежности систем «человек — машина» накоплен в инженерной психологии. В соответствии с положениями данной дисциплины, надежность оператора зависит от многих объективных и субъективных факторов, классификация которых представлена на рис. 1.



Рис. 1. Факторы, влияющие на эффективность работы оператора

К объективным факторам относят в первую очередь внешние — это условия работы (температура, влажность, освещенность, радиоактивность, наличие помех, эргономика). К этой группе факторов относятся также организационные (режим труда и отдыха, отрезок рабочего дня) и эмоциогенные (значимый уровень ответственности, высокая вероятность аварийной ситуации и пр.). В качестве примеров аппаратурных факторов можно назвать чувствительность аппаратуры, применяемые методики и технологии, особенности изделия и т. п.

Субъективные факторы, получившие на практике название «**человеческий фактор**», подразделяются на три основные подгруппы (самостоятельные, но взаимно влияющие друг на друга): уровень подготовки, индивидуальные особенности и функциональное состояние оператора (см. рис. 1). Очевидно, что в данном случае наиболее понятно влияние на результаты работы оператора уровня его подготовки (квалификация, опыт). Роль других подгрупп субъективных факторов (индивидуальные особенности работника и его состояние в процессе деятельности) остается недостаточно исследованной, хотя специалисты отмечают их существенное влияние на результаты работы [6].

На кафедре сварки ДГТУ были выполнены исследования роли человеческого фактора в проблеме надежности ультразвукового контроля сварных объектов. Ниже представлены основные результаты работы.

Уровень подготовки оператора УЗК. Надежность оператора в значительной степени зависит от уровня его профессиональных знаний, навыков, опыта. Успешность обучения операторов предопределяется наличием обоснованного перечня необходимых профессиональных навыков, набора соответствующих технических средств и

количественной оценки профессионального уровня. Перечень необходимых инструментальных и тренажерных средств научно обосновывается с помощью детального инженерно-психологического анализа деятельности оператора.

Нами был проведен анализ деятельности оператора УЗК с учетом основных принципов и положений профессиографического подхода. При этом использовался метод экспертной оценки. Таким образом удалось выявить профессионально важные качества, знания и особенности базовых профессиональных навыков оператора (навык сканирования с определенной скоростью, шагом и амплитудой; навык нахождения максимума амплитуды эхо-сигнала; навык определения формы, координат, протяженности дефектов).

Анализ разработанных в нашей стране и за рубежом специальных тренажерных средств формирования и оценки навыков сканирования оператора УЗК, их достоинств и недостатков позволили сделать следующий вывод. Более перспективным и универсальным представляется создание тренажерной системы для формирования навыков сканирования на базе стандартного персонального компьютера и графического планшета — дигитайзера (рис. 2). Технический уровень и программное обеспечение (ПО) такого оборудования позволяют значительно расширить области целенаправленного формирования моторных навыков [7]. Кроме того, возможности данной тренажерной системы могут постоянно расширяться за счет модернизации ПО.

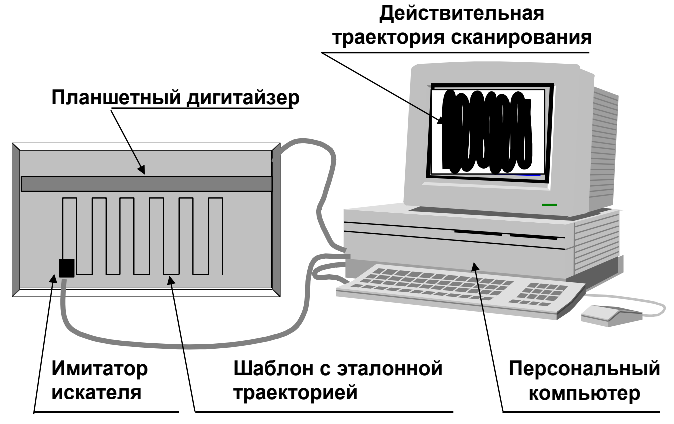


Рис. 2. Тренажерная система для выработки навыков сканирования

Система размещается на стандартном письменном столе. Поверхность дигитайзера используется в качестве рабочей поверхности объекта контроля. Имитатором ультразвукового преобразователя служит аналог мыши для персонального компьютера, выполненный в виде искательной головки. Технические возможности системы позволяют с высокой точностью определять и вводить в компьютер координаты положения искателя на поверхности дигитайзера. При этом возможно не только следить за перемещением искателя, но и создавать различные проблемные ситуации.

Разработано программное обеспечение тренажерной системы, которое состоит из ряда блоков, позволяющих:

— проводить регистрацию обучаемого;

— рассчитывать основные параметры траектории сканирования;

— визуализировать на экране траекторию сканирования с оптимальными параметрами;

— фиксировать текущие параметры реализуемой траектории сканирования;

— анализировать отклонения от идеальной траектории;

— хранить и статистически обрабатывать полученную информацию.

В частности для определения усилия прижатия в имитатор искателя помещен датчик давления, который позволяет фиксировать величину прикладываемого усилия и передавать соответствующую информацию в компьютер.

Система обеспечивает регистрацию скорости сканирования и визуализацию траектории по всей контролируемой зоне. Программный интерфейс предусматривает наличие диалогового меню, позволяющего регулировать амплитуду и шаг сканирования, положение и размеры рабочей зоны.

Данную тренажерную систему можно использовать для обучения, коррекции навыков и аттестации операторов. На стадии обучения возможно целенаправленное формирование моторного навыка сканирования для разных ситуаций:

— с отражением на дисплее траектории сканирования;

— вслепую (рабочая зона не видна обучаемому);

— в условиях ограниченного времени, выделяемого на контроль изделия;

— при сканировании в разных пространственных положениях.

В ходе экспериментов оценивались различные способы обучения. Показателем качества работы выступал процент охваченной при сканировании площади зоны контроля. Установлено, что обучение с использованием шаблона траектории сканирования на поверхности дигитайзера недостаточно эффективно. Отслеживание траектории вызывало у обучаемого определенные трудности, поскольку искатель закрывает значительную часть отслеживаемой траектории. Наблюдалось снижение точности отслеживания движения, неравномерный охват участка сканирования по высоте. Отмечалось увеличение скорости перемещения искателя, обусловленное, вероятно, тем, что при обучении с использованием шаблона происходит подмена целей обучения — главным становится сам процесс копирования. Обратные связи были выражены слабо. Данный вид обучения характеризовался высокой утомляемостью, высоким разбросом результатов, требовал длительных упражнений.

При обучении способом «вслепую» движения обучаемых характеризовались частой сменой темпа, аритмичностью, непостоянством амплитуды движений. Как правило, колебания параметров сканирования превышали требуемый уровень.

Установлено, что в процессе обучения самоконтроль оператора обеспечивает наилучший способ обучения, при котором можно корректировать свои действия, ориентируясь на изображение следа движения искателя на мониторе. В данном случае обратная связь позволяет оператору сопоставлять совершаемые моторные действия с представленными оптимальными параметрами траектории сканирования. На основании такого сопоставления на стадии обучения все правильные и неправильные действия оцениваются и регулируются в реальном времени — т. е. целенаправленно формируется моторный навык сканирования.

Для обучения и комплексной оценки квалификации операторов УЗК сварных соединений в ДГТУ разработан компьютеризированный тренажер-экзаменатор. Его оформление имеет несколько модификаций в зависимости от объекта контроля и внешнего вида корпуса. В качестве объекта контроля в первых модификациях тренажера [8] использовалось реальное сварное соединение, выполненное по штатной технологии и представляющее собой тело вращения в виде толстостенной трубы. В двух кольцевых сварных швах объекта контроля содержатся трещиноподобные дефекты заданных размеров и местоположения, созданные по разработанным на кафедре технологиям [9]. Внешний вид одной из модификаций тренажера представлен на рис. 3



Рис. 3. Внешний вид тренажера с объектом контроля в виде толстостенной трубы

Другая модификация компьютеризированного тренажера представлена на рис. 4. Конструктивно тренажер выполнен в виде стола с плоскостью, наклоненной под углом 15°. В крышке стола имеется окно в форме сегмента, открывающее доступ к объекту контроля. Дефектоскоп устанавливается на верхнюю крышку корпуса тренажера.



Рис. 4. Тренажер-экзаменатор ТЭД-3 с объектом контроля в виде плоского диска

В экспериментах участвовали операторы различной квалификации. Каждый оператор работал на тренажере в течение недели по 6–8 часов в день. При этом стояла задача определить максимум амплитуды эхо-сигналов от различных по размеру искусственных дефектов, которые предъявлялись случайным образом. За время эксперимента операторы измеряли каждый дефект многократно (50–70 раз), что позволило провести статистический анализ полученных результатов.

В первые дни работы имел место существенно больший разброс значений измерений (как правило, он зависит от квалификации, индивидуальных особенностей испытуемых, особенностей дефектов). Отмечено, что к концу эксперимента разброс уменьшался, а среднее значение измеренной максимальной амплитуды сигнала стремилось к некоторому характерному для данного дефекта относительно стабильному уровню. У ряда операторов были зафиксированы ошибки, связанные с невнимательностью, — так называемые промахи, которые носили случайный характер и зависели от индивидуальных особенностей испытуемых. Отмечен факт недобраковки в зоне измерений двух близко расположенных дефектов разных размеров. Статистическая обработка результатов измерений максимальной амплитуды эхо-сигналов показала, что независимо от квалификации операторов в так называемых областях малой вероятности имеет место отклонение от нормального закона распределения.

Кроме того, эксперименты в очередной раз подтвердили, что при длительных перерывах в работе навыки забываются. Это происходит даже с высококвалифицированными операторами. Чтобы восстановить навыки и вновь продемонстрировать высокий профессиональный уровень, требуются тренировки.

В рамках договорных обязательств комплексные тренажеры были изготовлены для AEA Technology (Рисли, Великобритания), ВНИИ АЭС (Москва), учебных центров по подготовке операторов УЗК.

Индивидуальные особенности личности. В практической психологии под индивидуальными особенностями личности понимают ее психологические свойства и особенности, обычно называемые «чертами личности». Для удобства исследования и обобщения психологи рассматривают многообразие свойств личности в рамках ограниченного числа подструктур.

Базовым уровнем личности является биологически обусловленная подструктура, в которую входят возрастные, половые свойства психики, врожденные свойства нервной системы и темперамент. Следующая подструктура объединяет индивидуальные психические и психофизиологические особенности человека — врожденные и приобретенные, наработанные. Отдельная подструктура личности — социальный опыт (приобретенные в социуме знания, умения, привычки).

В биологически обусловленной подструктуре личности особая роль принадлежит типологическим свойствам нервной системы, которые характеризуются силой, динамикой, лабильностью и подвижностью нервных процессов. Данные свойства определяют:

— легкость переключения с одного вида деятельности на другой,

— скорость запоминания и вспоминания,

— способность действовать при монотонии,

— работоспособность в условиях утомления.

Тип нервной системы, в свою очередь, обусловливает темперамент. Под темпераментом обычно понимают индивидуальные динамические аспекты поведения, преимущественно врожденного характера. Следует отметить, что в некоторых видах деятельности достижение высокого профессионального уровня возможно только при ярко выраженных особенностях того или иного темперамента.

Психические и психофизиологические процессы определяют такие особенности личности, как когнитивная (познавательная), моторно-двигательная, эмоционально-волевая. Значительное влияние на результаты работы оператора оказывают такие свойства личности, как ответственность, самоконтроль, эмоциональная устойчивость.

Таким образом, управление конкретной профессиональной деятельностью требует детального анализа индивидуальных данных человека. На этой основе могут быть сформулированы критерии профессионального отбора, разработаны оборудование и программное обеспечение, позволяющие целенаправленно формировать требуемые качества [10, 11].

Самым сложным и неисследованным вопросом надежности оператора УЗК является определение биологических и психологических критериев профотбора (в отличие от образовательных и медицинских критериев).

На основе проведенного нами анализа установлено, что медико-биологическая структура личности в профессии оператора УЗК играет важнейшую роль и обусловливает сразу несколько основных профессионально важных качеств: педантизм, способность длительное время концентрировать внимание и совершать однообразные моторные движения, быстрая реакция, уверенность при принятии решений, эмоциональная устойчивость.

Детальный анализ психологических и физиологических особенностей, необходимых для той или иной трудовой деятельности, позволил сформулировать гипотезу о зависимости профессиональной пригодности от биологически обусловленных структур личности. Итак, особенности проявления в производственной деятельности различных составляющих медико-биологической структуры личности были исследованы и сопоставлены с базовыми профессионально важными качествами операторов УЗК. В результаты были определены темпераменты и характеры, предпочтительные для данной работы. Для подтверждения гипотезы сформирован комплект психодиагностических и инструментальных средств и проведены психодиагностические исследования [12]. В течение пяти лет в экспериментах приняли участие 225 испытуемых. Среди них — представители и ярко выраженных, и так называемых смешанных типов темперамента.

Зафиксировано, что от темперамента в значительной степени зависит реализация тех или иных профессионально важных качеств. Иными словами, можно утверждать, что профессиональное развитие в определенной области зависит от типа темперамента специалиста.

Таким образом, формирование профессионально важных качеств операторов УЗК должно учитывать темперамент, который следует определить до начала обучения. Очевидно, что это позволит заранее выяснить, какие профессионально важные качества будут формироваться с наибольшими сложностями, и уделить им особое внимание.

В ходе проведенных изысканий было установлено, что в наибольшей степени профессия оператора УЗК подходит лицам с флегматическим типом темперамента. Они продемонстрировали самую высокую степень соответствия профессии. При этом в отношении флегматиков не зафиксированы средняя и высокая степени несоответствия.

Второе место по числу «соответствующих» заняли испытуемые с сангвиническим темпераментом, третье — меланхолики (при этом по числу «несоответствующих» они на втором месте).

Анализ показал, что большинство холериков, принявших участие в исследованиях, посчитали себя «не соответствующими» профессии. Кроме того, выяснилось, что, получив данную специальность, значительная часть таких испытуемых стремились бы к смене профессиональной деятельности.

Результаты исследований позволяют утверждать, что для работы в качестве оператора УЗК подходят не все темпераменты. Рассматриваемые степени профессиональной пригодности — желательная, допустимая, нежелательная. Выяснилось, что для оператора УЗК желательным темпераментом является флегматический, допустимыми — сангвинический и меланхолический, нежелательным — холерический.

Функциональное состояние. Функциональное состояние влияет на результаты работы человека в конкретный момент времени при решении конкретных задач. Несмотря на актуальность, данная проблема явно недостаточно проработана в психологической науке, особенно в ее прикладных направлениях. Наблюдается колоссальный дисбаланс между теоретическими и экспериментальными исследованиями.

Учитывая сложность проблемы, при разработке блок-схемы исследований был проанализирован имеющийся опыт исследования роли состояния в операторской деятельности. С позиций инженерной психологии классифицированы виды психических состояний оператора УЗК и выявлены неблагоприятные для профессиональной деятельности (монотония, утомление, напряженность и т. п.). В перечисленных случаях возрастает вероятность значимых ошибок из-за снижения зрительной чувствительности, дезинтеграции сложных навыков, снижения

продуктивности мышления, замедления реакции. Рассмотрены наиболее значимые характеристики, адекватно отражающие функциональное состояние оператора УЗК, проанализированы существующие биологические, физиологические и психологические методы, выполнена количественная оценка. Полученные результаты позволяют сформировать набор психодиагностических средств, соответствующих задачам данного исследования.

Эксперименты проводились в проблемной лаборатории ДГТУ и лаборатории неразрушающего контроля AEA Technology (Рисли, Великобритания) в рамках договора о совместном сотрудничестве. В исследованиях принимали участие британские и российские операторы УЗК — как молодые, так и имеющие значительный опыт контроля сварных соединений атомного энергетического оборудования. Эксперименты проводились по разным программам (от 8 до 11 дней) по 5–12 часов в сутки [13]. В процессе ежедневных испытаний выполнялись такие виды работ, как настройка дефектоскопа (оценивалась точность нахождения максимума эхо-сигнала), контроль по стандартной технологии тест-образцов с внутренними дефектами. Кроме того, использовались специализированные тренажеры. Каждый день (как правило, утром, днем и вечером) проводилось диагностическое обследование операторов для оценки их функционального состояния. Оно оценивалось по психологическим и физиологическим показателям с использованием тестов: «САН» (самочувствие, активность, настроение), «Шкала самооценки» (личностная и реактивная тревожность), «Статический глазомер», «Перепутанные линии». При этом фиксировались такие показатели, как время латентного периода сенсорной реакции, частота сердечных сокращений и дыхания, среднее динамическое давление, температура тела, электрокардиограмма.

В рамках исследований было отмечено, что у некоторых операторов показатели функционального состояния в течение дня характеризуются существенной нестабильностью. Зафиксирована тесная связь между показателями «самочувствие» и «реактивная тревожность». При сравнительном анализе результатов тестирований разных операторов выявлено существенное влияние индивидуальных особенностей на абсолютные значения времени реакции. Установлена зависимость результатов профессиональной деятельности оператора УЗК от фактора врабатываемости. Так, более дифференцированный анализ результатов экспериментов показал, что наибольшая погрешность измерений наблюдается в самом начале работы — приблизительно в течение первых тридцати минут. Этот факт был отмечен в подавляющем большинстве случаев — 88,9 %.

Общий анализ исследований позволяет утверждать, что отсутствуют линейные математически описываемые взаимосвязи между функциональным состоянием операторов и результатами их профессиональной деятельности. Это объясняется сложностью и неоднозначностью влияния данного многоуровневого субъективного фактора на результаты неразрушающего контроля. Выявлено, что с понижением показателей функционального состояния операторов УЗК отмечается тенденция к повышению средней ошибки и существенному увеличению разброса показателей результатов производственной деятельности. Отмечено, что стабильность (нестабильность) функционального состояния операторов УЗК влияет на результаты контроля в целом и на точность настройки дефектоскопа.

По-видимому, функциональное состояние человека следует рассматривать как степень психологической готовности реализовать свои профессиональные возможности. При этом очевидно, что нестабильность функционального состояния является фактором риска, предпосылкой к ухудшению результатов работы. В данном случае будут отмечаться снижение внимания, продуктивности мышления, зрительной чувствительности, дезинтеграция сложных навыков, нарушение тонкой координации.

Полученные результаты явились вкладом российской стороны в реализацию европейской программы TACIS R 2.05, секция «Человеческий фактор».

Выводы. Потенциальную надежность систем ультразвукового контроля сварных объектов ответственного назначения существенно снижает человеческий фактор — а именно уровень подготовки оператора, его индивидуальные особенности и функциональное состояние. Необходимые профессиональные навыки могут быть сформированы с помощью специальных тренажерных средств. Что касается индивидуальных особенностей, то важнейшую роль в профессии оператора УЗК играют медико-биологические данные, обусловливающие основные профессионально важные качества. Ухудшение показателей функционального состояния оператора следует рассматривать как фактор риска, предпосылку к снижению надежности системы контроля.

Библиографический список

1. Стеклов, О. И. Проблемные задачи сварочного производства в России / О. И. Стеклов // Сварочное производство. — 2000. — № 12. — С. 3–7.

2. Диагностика технических устройств / Г. А. Бигус [и др.]. — Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. — 587 с.

3. Crutzen, S. Summary of the PISC II project: PISC II report № 1 — June1985 / S. Crutzen // International Journal of Pressure Vessels and Piping. — 1987. — Vol. 28. — P. 311–346.

4. Щербинский, В. Г. Технология ультразвукового контроля сварных соединений / В. Г. Щербинский. — Москва : Тиссо, 2005. — 326 с.
5. Американо-Европейский семинар по надежности НК / ООО «Изд. дом «Спектр» // Контроль. Диагностика. — 2000. — № 10. — С. 52.
6. Гурвич, А. К. Надежность неразрушающего контроля как надежность комплекса «дефектоскоп — оператор — среда» / А. К. Гурвич // Дефектоскопия. —1992. — № 3. — С. 5–12.
7. Коробцов, А. С. Тренажер для целенаправленного формирования навыков сканирования у операторов УЗК / А. С. Коробцов, В. Ф. Лукьянов, Э. П. Горбачевская // Контроль. Диагностика. — 2004. — № 11. — С. 51–53.
8. Лукьянов, В. Ф. Экзаменатор надежности оператора УЗК / В. Ф. Лукьянов, А. С. Коробцов, Н. П. Алешин // Дефектоскопия. — 1995. — № 10. — С. 38–43.
9. Коробцов, А. С. Методики создания искусственных дефектов заданных размеров и местоположения / А. С. Коробцов // Заводская лаборатория. — 2004. —№ 11. — С. 51–53.
10. Коробцов, А. С. Человеческий фактор в производственной деятельности / А. С. Коробцов, М. В. Сагирова // Проблемы теории и практики управления. — 2012. — № 4. — С. 48–51.
11. Коробцов, А. С. Человеческий ресурс в системе менеджмента качества сварочной продукции / А. С. Коробцов // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2011. — № 9 — С. 1611–1620.
12. Коробцов, А. С. Роль оператора в обеспечении достоверности ультразвукового контроля опасных объектов / А. С. Коробцов // Безопасность жизнедеятельности. — 2007. — № 12. — С. 4–9.
13. Коробцов, А. С. Влияние функционального состояния оператора УЗК на результаты профессиональной деятельности / А. С. Коробцов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Проблемы машиностроения. —2005. — Специальный выпуск. — С. 108–112.

References

1. Steklov, O.I. Problemnye zadachi svarochnogo proizvodstva v Rossii. [Problem tasks of welding production in Russia.] Svarochnoe Proizvodstvo, 2000, no. 12, pp. 3–7 (in Russian).
2. Bigus, G.A., et al. Diagnostika tekhnicheskikh ustroystv. [Technical equipment diagnostics.] Moscow: Bauman MSTU Publ. House, 2014, 587 p. (in Russian).
3. Crutzen, S. Summary of the PISC II project: PISC II report no. 1, June1985. International Journal of Pressure Vessels and Piping, 1987, vol. 28, pp. 311–346.
4. Shcherbinskiy, V.G. Tekhnologiya ul'trazvukovogo kontrolya svarnykh soedineniy. [Ultrasonic testing technology of welded joints.] Moscow: Tisso, 2005, 326 p. (in Russian).
5. Amerikano-Evropeyskiy seminar po nadezhnosti NK. [US-European Workshop on NC Reliability.] Izdatel'skiy dom "SPEKTR". Testing. Diagnostics, 2000, no. 10, pp. 52 (in Russian).
6. Gurvich, A.K. Nadezhnost' nerazrushayushchego kontrolya kak nadezhnost' kompleksa «defektoskop — operator — sreda». [Non-destructive testing reliability as reliability of the “flaw detector – operator – environment” complex.] Russian Journal of Nondestructive Testing, 1992, no. 3, pp. 5–12 (in Russian).
7. Korobtsov, A.S., Lukyanov, V.F., Gorbachevskaya, E.P. Trenazher dlya tselenapravlennogo formirovaniya navykov skanirovaniya u operatorov UZK. [Simulator for the purposeful formation of scanning skills of ultrasonic testing operators.] // Testing. Diagnostics. 2004, no. 11, pp. 51–53 (in Russian).
8. Lukyanov, V.F., Korobtsov, A.S., Aleshin, N.P. Ekzamenator nadezhnosti operatora UZK. [Examiner of ultrasonic testing operator reliability.] Russian Journal of Nondestructive Testing, 1995, no. 10, pp. 38–43 (in Russian).
9. Korobtsov, A.S. Metodiki sozdaniya iskusstvennykh defektov zadannykh razmerov i mestopolozheniya. [Methods of creation of artificial defects of the specified sizes and location.] Industrial laboratory. Material diagnostics. 2004, no. 11, pp. 51–53 (in Russian).
10. Korobtsov, A.S., Sagirova, M.V. Chelovecheskiy faktor v proizvodstvennoy deyatel'nosti. [Human factor in production activities.] Theoretical and Practical Aspects of Management, 2012, no. 4, pp. 48–51 (in Russian).
11. Korobtsov, A.S. Chelovecheskiy resurs v sisteme menedzhmenta kachestva svarochnoy produktsii. [Human resource in quality management system of welded products.] Vestnik of DSTU, 2011, no. 9, pp. 1611–1620 (in Russian).
12. Korobtsov, A.S. Rol' operatora v obespechenii dostovernosti ul'trazvukovogo kontrolya opasnykh ob"ektov. [The role of operator in adequacy of ultrasonic testing of hazardous objects.] Life Safety, 2007, no. 12, pp. 4–9 (in Russian).
13. Korobtsov, A.S. Vliyanie funktsional'nogo sostoyaniya operatora UZK na rezul'taty professional'noy deyatel'nosti. [Influence of the functional state of ultrasonic testing operator on the professional activities results.] University News. North-Caucasian region. Machine Building problems. 2005, Spec. Iss., pp. 108–112 (in Russian).

Поступила в редакцию 29.07.2015
Сдана в редакцию 30.07.2015
Запланирована в номер 22.01.2016